



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 52 590 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 60 C 23/06  
G 08 C 17/02  
G 08 B 21/18  
B 60 T 8/32

21 Aktenzeichen: 101 52 590.7  
22 Anmeldetag: 24. 10. 2001  
43 Offenlegungstag: 10. 10. 2002

DE 101 52 590 A 1

66 Innere Priorität:  
101 09 725. 5 28. 02. 2001  
71 Anmelder:  
WABCO GmbH & Co. OHG, 30453 Hannover, DE

72 Erfinder:  
Ruhnau, Gerhard, 31535 Neustadt, DE; Dieckmann,  
Thomas, Dr., 30982 Pattensen, DE; Schmidt, Detlef,  
30989 Gehrden, DE; Bork, André, 30455 Hannover,  
DE; Pape, Klaus, 30455 Hannover, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

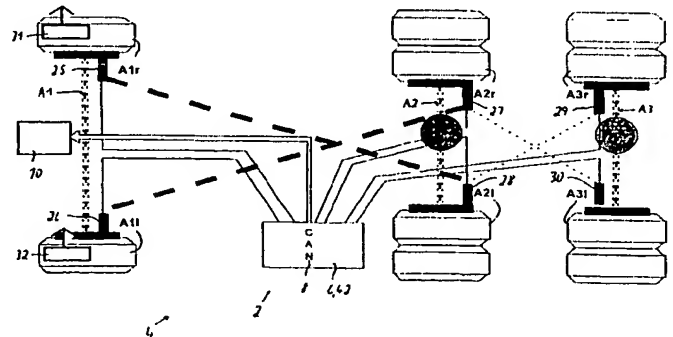
DE 199 39 936 A1  
DE 198 07 880 A1  
DE 100 44 114 A1  
US 61 69 480 B1  
US 53 45 217  
EP 06 07 695 A1  
EP 04 89 563 A1  
EP 04 89 562 A1

JP 06092115 A., In: Patent Abstracts of Japan;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und System zur Reifendrucküberwachung für mit Antiblockierschutz-Systemen (ABS-Systemen) ausgerüstete Fahrzeuge

57 Ein Reifendrucküberwachungssystem für mit Antiblockierschutzsystemen (ABS-Systemen) (2) ausgerüstete Fahrzeuge, insbesondere Fahrzeuge mit mehr als zwei Achsen, weist Radsensoren (25-30) an den Rädern wenigstens einer Achse (A1, A2, A3) zur Erfassung von von der Radrotation abhängigen Größen und eine ABS-Steuer-einheit (6) auf, die die ermittelten Größen miteinander verknüpft und hinsichtlich Änderung der Abrollradien der Räder unter Berücksichtigung fahrbetriebsbedingter Änderungen der Größen auswertet. Die ABS-Steureinheit erzeugt ein Warnsignal, wenn die durch Reifendruckabfall bewirkte Änderung der Größen einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Zusätzlich oder alternativ zu radrotationsabhängige Größen, wie Radrotationsgeschwindigkeit oder zurückgelegte Rad-Wegstrecke, erfassenden Radsensoren (25-30) des ABS-Systems (2) ist ein Reifendruckmeßsystem (12) vorgesehen, das den absoluten Reifenfülldruck der Räder wenigstens einer Achse (A1, A2, A3) mißt und ein Warnsignal erzeugt, wenn der gemessene Reifenfülldruck einen vorgegebenen Soll-druck unterschreitet.



BEST AVAILABLE COPY

DE 101 52 590 A 1

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung der Abweichung des Reifendrucks wenigstens eines Rades von einem Bezugswert gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Reifendrucküberwachungssystem dafür gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

**[0002]** Sicherheit und Zuverlässigkeit sind zentrale Faktoren in der Automobiltechnik. Dabei spielt der Reifendruck eine wichtige Rolle; es wurde festgestellt, daß Reifendruckverlust ein wesentlicher Faktor bei Unfällen im Straßenverkehr darstellt. 85% der Reifenpannen sind eine Folge eines schleichenden Druckverlustes. Ein richtig eingestellter Reifendruck gewährleistet im übrigen zu jeder Zeit optimalen Fahrkomfort hinsichtlich Abrollgeräusch, Vertikalstößigkeit und Querfugenempfindlichkeit.

**[0003]** Es ist beispielsweise aus ATZ 102 (200) 11, S. 950 ff. bekannt, den Reifendruck direkt mittels Drucksensoren an zwei- oder dreiachsigen Fahrzeugen zu messen. Die Drucksensoren sind am Reifen angebracht und rotieren mit dem Rad. Die Drucksensoren weisen einen Hochfrequenz-Sender (HF-Sender) auf, welcher die gemessenen Druckwerte an einen Empfänger im Kraftfahrzeug überträgt, der dem Fahrer Druckverluste signalisiert. Dieses Verfahren arbeitet sowohl bei Fahrt als auch bei Stillstand des Fahrzeugs. Da es sich hier um ein rein messendes Verfahren handelt, sind die Kosten relativ hoch, insbesondere wenn sämtliche Räder sensiert werden.

**[0004]** Es ist ferner aus der Zeitschrift ATZ 94 (1992), Seiten 336–340, EP 0 489 562, EP 0 489 563 und EP 0 607 690 bekannt, den Reifendruck indirekt mit Hilfe der Radsensoren von Antiblockierschutzsystemen (ABS-Systemen) zu überwachen. Der Reifendruck wirkt sich auf den Abrollumfang des Rades aus. Die mit Hilfe der Radsensoren des ABS-Systems ermittelte Radrotationsgeschwindigkeit ist abhängig vom Abrollumfang des Rades. Ändert sich die Radrotationsgeschwindigkeit eines Rades bei Geradeausfahrt und ungebremst relativ zu der Referenzgeschwindigkeit der anderen Räder oder eines anderen Rades, so stellt dies ein Indiz für eine Änderung des Abrollumfanges des betreffenden Rades infolge eines Druckverlustes des Reifens oder für eine Ablösung von Reifenteilen am Reifenumfang oder für eine Beladungsänderung dar, wobei jede Änderung des Abrollumfanges als Druckänderung interpretiert wird. Diese bekannten Verfahren sind relativ unpräzise und können nur relativ große und plötzlich auftretende Druckänderungen feststellen.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und System zur Reifendrucküberwachung anzugeben, das kostengünstig ist und empfindlicher auf geringfügige und schleichende Druckverluste reagiert.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1 und 8 angegebenen Ausgestaltungen der Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0007]** Das Verfahren zur Reifendrucküberwachung hat den Vorteil, daß infolge der Zählung der jeweils zurückgelegten Wegstrecke bei Verwendung üblicher Radsensoren von ABS-Systemen nur wenige Umrechnungsschritte erforderlich sind, insbesondere weniger Umrechnungsschritte als bei den bekannten Verfahren, und hierdurch eine größere Rechengenauigkeit erreicht werden kann, insbesondere bei Verwendung von Digitalrechnern. Eine geringere Anzahl von Umrechnungsschritten hat den Vorteil, daß im Laufe der Berechnung weniger oft gerundet wird bzw. weniger oft Nachkommastellen bei der Berechnung vernachlässigt werden. Unter Anwendung der Erfindung kann dies vorteilhafterweise durch einfaches Zählen der von den Radsensoren abgegebenen Wegimpulse erzielt werden, welche proportional zur zurückgelegten Wegstrecke erzeugt werden.

**[0008]** Gemäß vorteilhafter Weiterbildungen der Erfindung werden die gezählten Wegstrecken der einzelnen Räder jeweils diagonal bezüglich der Radanordnung an dem Fahrzeug miteinander addiert, und eine Erkennung auf einen unerwünschten Reifendruck-Zustand erfolgt, wenn die diagonalen Summen um mehr als einen vorgegebenen Grenzwert voneinander abweichen. Zudem erfolgt die Überwachung der gezählten Wegstrecken in mehreren Überwachungszyklen, wobei die Erkennung auf einen unerwünschten Reifendruck-Zustand erfolgt, wenn die Abweichungen der diagonalen Summen einen für alle Überwachungszyklen festgelegten Summengrenzwert überschreitet. Hierdurch kann eine weitere Verbesserung der Genauigkeit und Sensibilität bei der Erkennung unerwünschter Reifendruck-Zustände erzielt werden.

**[0009]** Die Erfindung schlägt in der Ausgestaltung des Anspruchs 8 eine Kombination von direkter Reifendruckmessung mit Hilfe von Drucksensoren eines Reifendruckmeßsystems und von indirekter Reifendruckermittlung durch Messung der vom Abrollumfang abhängigen Größen, wie Radrotationsgeschwindigkeit und zurückgelegte Wegstrecke, mittels Radsensoren eines vorhandenen ABS-Systems vor. Hierdurch ist es möglich, Drucksensoren des Reifendruckmeßsystems durch ABS-Radsensoren zu ersetzen und/oder die ABS-Steuereinrichtung auch zur Auswertung der Meßsignale des Reifendruckmeßsystems zu verwenden, wodurch Bauelemente und Kosten eingespart werden können, ohne die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Reifendrucküberwachung zu beeinträchtigen. Die mit Hilfe der Drucksensoren ermittelten tatsächlichen Reifendrucke stützen die mit Hilfe des ABS-Systems indirekt ermittelten Werte.

**[0010]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind, näher erläutert werden.

**[0011]** Es zeigen

**[0012]** Fig. 1–9 verschiedene Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Reifendrucküberwachungseinrichtung bei Dreifachsfahrzeugen,

**[0013]** Fig. 10 ein Blockschaltbild einer ABS-Steuereinrichtung mit integrierter Steuereinheit eines Reifendruckmeßsystems,

**[0014]** Fig. 11 ein Blockschaltbild einer Einrichtung zur Wegstreckenermittlung und

**[0015]** Fig. 12 ein Diagramm, in dem die durch ein Zählregister der Einrichtung nach Fig. 11 gezählten Periodenzahl in Abhängigkeit von der Wegstrecke dargestellt ist.

**[0016]** Gleiche Bauteile in den Figuren der Zeichnung sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0017]** Die Zeichnung zeigt schematisch in den Fig. 1–9 mit Antiblockierschutz-Systemen (ABS-Systemen) 2 und Reifendruckmeßsystemen 12 ausgestattete Dreifachsfahrzeuge 4. Die nachfolgenden Ausführungen gelten entsprechend auch für Fahrzeuge mit  $(2 + n)$ -Achsen mit  $n \geq 0$ , d. h. auch für Zweifachsfahrzeuge. Die ABS-Systeme und Reifendruckmeßsysteme sind zu einem Reifendrucküberwachungssystem kombiniert.

**[0018]** Die Dreifachsfahrzeuge 4 weisen jeweils eine erste Achse A1, die hier die Vorderachse ist und ein rechtes Vor-

derrad A1r und ein linkes Vorderrad A1l aufweist, eine zweite Achse A2, die hier die Antriebsachse ist und rechte Zwillingsräder A2r und linke Zwillingsräder A2l aufweist, und eine dritte Achse A3 auf, die rechte Zwillingsräder A3r und linke Zwillingsräder A3l aufweist.

**[0019]** Statt der Zwillingsbereifung kann natürlich auch eine Einfachbereifung vorliegen.

**[0020]** Die ABS-Systeme 2 umfassen eine ABS-Steuereinheit 6 und eine CAN-Schnittstelle 8. Den Rädern wenigstens einer der drei Achsen A1, A2, A3 sind schematisch durch einen gemeinsamen Block dargestellte Radsensoren und Bremsdruckmodulatoren 25, 26, 27, 28, 29, 30 zugeordnet. Die ABS-Steuereinheit 6 ermittelt aus den Signalen der Radsensoren die Radrotationsgeschwindigkeit oder die zurückgelegte Wegstrecke. Eine Rollradiusänderung durch Reifen-  
druckverlust wird durch eine sich erhöhende Radrotationsgeschwindigkeit oder sich verringemde Wegstrecke erkannt und dem Fahrer auf einem Display 10 angezeigt. Einflüsse durch besondere Situationen, wie Kurvenfahrt, Beschleunigung, Verzögerung, hohe Geschwindigkeit, Radlast (Beladung) und Abrieb, auf den Rollradius und damit auf die Rad-  
rotationsgeschwindigkeit oder auf die zurückgelegte Wegstrecke werden durch geeignete achsweise, seitenweise und/oder diagonale Vergleiche der Radrotationsgeschwindigkeit oder Wegstrecke und/oder Vergleiche mit Schwellwerten kompensiert.

**[0021]** Das Reifendruckmeßsystem 12 weist für jedes Rad wenigstens einer der drei Achsen eine Radelektronik 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 auf, die im oder am Reifen angeordnet ist und als wesentliche Bauteile einen Sensor, eine Signalverarbeitungsstufe, eine HF-Senderstufe und eine Batterie als Energiequelle umfaßt. Anstelle der Energiezufuhr über eine Batterie ist auch eine externe Energiezufuhr mit Hilfe der Transpondertechnik möglich. Die Radelektronik bildet mit dem jeweiligen Reifenfüllventil eine Einheit, die auf der Felge montiert ist. Der Sensor weist einen den Druck im Reifen messenden Drucksensor und eine Einrichtung zur Meßwerterfassung und Signalaufbereitung auf. Der Sensor steuert einen Digitalbaustein, in den die HF-Sendestufe integriert ist, welche die gemessenen Daten an eine Empfänger/Auswerteeinheit 42, ggf. mit CAN-Schnittstelle 44, sendet, beispielsweise im 433-MHz-Bereich. Jede Radelektronik besitzt eine eigene Kennung, die beim Senden mit übertragen wird. Der jeweils eingestellte Reifendruck wird vom Fahrer initialisiert oder das System greift auf Solldrücke zurück, die für den betreffenden Fahrzeugtypen hinterlegt sind, wobei das System die eingestellten Drücke auf Plausibilität überprüft. Ein Rädertausch oder -wechsel wird vom System hinsichtlich Position am Fahrzeug erkannt. Eine Reifendruckabnahme – sowohl bei Stillstand als auch bei Fahrt – wird dem Fahrer durch die Empfänger/Auswerteeinheit 42 auf dem Display 10 angezeigt.

**[0022]** Die Fig. 1 zeigt schematisch ein Reifendrucküberwachungssystem, das ein 6-Kanal-ABS-System 2 nutzt, das Radsensoren und Bremsdruckmodulatoren (dargestellt als gemeinsame Blöcke 25, 26, 27, 28, 29, 30) an allen drei Achsen aufweist, und ein Reifendruckmeßsystem 12 mit zehn Radelektroniken 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 aufweist, wobei jedes Rad jeder Achse eine Radelektronik aufweist. Das ABS-System zur indirekten Ermittlung der Reifendrucke und das Reifendruckmeßsystem arbeiten parallel und unabhängig.

**[0023]** Die Fig. 2 zeigt ein Reifendrucküberwachungssystem, das ein 4-Kanal-ABS-System nutzt und sich von dem System nach Fig. 1 dadurch unterscheidet, daß nur vier Sensoren und vier Bremsdruckmodulatoren 25, 26, 27, 28 für die erste und zweite Achse A1 und A2 vorgesehen sind und daß die dritte Achse für die ABS-Regelung nicht sensiert wird, sondern indirekt geregelt wird. Die direkte Druckmessung durch das Reifendruckmeßsystem 12 erfolgt wie bei dem System nach Fig. 1 an allen Rädern sämtlicher Achsen. Bei der Ausführung nach Fig. 2 werden zwei ABS-Radsensoren und zwei ABS-Polräder eingespart.

**[0024]** Die Fig. 3 zeigt schematisch ein Reifendrucküberwachungssystem, bei dem das für die Reifendrucküberwachung genutzte ABS-System wie bei Fig. 2 vier Sensoren und vier Bremsdruckmodulatoren 25, 26, 27, 28 aufweist, und zwar an der ersten und zweiten Achse A1 und A2. Anders als bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2 sind Radelektroniken 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 des Reifendruckmeßsystems 12 nur für die Zwillingsräder der zweiten und dritten Achse A2 und A3 vorgesehen. An den Rädern der Vorderachse A1 sind keine Radelektroniken vorgesehen. Ferner ist anders als bei den Fig. 1 und 2 die Empfänger/Auswerteeinheit 42 des Reifendruckmeßsystems 12 im Gehäuse der ABS-Steuereinheit integriert, wobei der ABS-Rechner die Auswertung der Meßsignale der Radelektroniken mit übernimmt. Eingespart werden somit an der dritten Achse die Radsensoren und Radpolräder und an der ersten Achse Radelektroniken sowie die bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2 separate Auswerteeinrichtung und CAN-Schnittstelle sowie das separate Gehäuse des Reifendruckmeßsystems. Es erfolgt bei dieser Ausführungsform ein Diagonalvergleich der Summe der Radrotationsgeschwindigkeiten oder Wegstrecken des rechten Vorderrades A1r und des linken Rades der zweiten Achse A2l mit der Summe der Radrotationsgeschwindigkeiten oder Wegstrecken des linken Vorderrades A1l und des rechten Rades der zweiten Achse A2r. Bei Reifendruckabfall wird sich die Geschwindigkeit des betreffenden Rades gegenüber den anderen Rädern erhöhen oder wird sich die zurückgelegte Wegstrecke entsprechend verringern. Positive Werte bedeuten dann beispielsweise beim Geschwindigkeitsvergleich Minderdruck am rechten Vorderrad A1r oder linkem Rad A2l der zweiten Achse; negative Werte bedeuten Minderdruck am linken Vorderrad A1l oder am rechten Rad A2r der zweiten Achse.

**[0025]** Der Diagonalvergleich über die Radrotationsgeschwindigkeit oder Wegstrecke der Räder der ersten und zweiten Achse ersetzt die Drucksensoren an der ersten Achse.

**[0026]** Durch den Diagonalvergleich werden Kurveneinflüsse weitestgehend kompensiert. Die über die Raddrucksensoren ermittelten absoluten Reifendrucke stützen die Ergebnisse aus dem Diagonalvergleich.

**[0027]** Die Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reifendrucküberwachungssystems, die sich von dem entsprechenden System nach Fig. 3 dadurch unterscheidet, daß Radelektroniken 31, 32 an den Rädern A1r und A1l der ersten Achse vorgesehen sind statt an den Rädern der zweiten Achse A2. Der Vorteil gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 3 ist darin zu sehen, daß das Last/Leerverhältnis an der ersten Achse, der Vorderachse, geringer ist als an der zweiten Achse, so daß sich an der ersten Achse Rollradiusänderungen aufgrund von Beladungsänderungen nicht so stark bemerkbar machen wie an der zweiten Achse oder auch an der dritten Achse.

**[0028]** Die Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform, die sich von den Ausführungsformen nach den Fig. 3 und 4 dadurch unterscheidet, daß die direkte Druckmessung nur noch an den Zwillingsreifen der dritten Achse A3 vorgenommen wird. Eine Stützung der indirekten Druckermittlung über den Diagonalvergleich der Räder der ersten und der zweiten Achse

durch die direkte Druckmessung an der dritten Achse kann hier infolge der räumlichen Nähe der zweiten und der dritten Achse zueinander durchgeführt werden. Infolge der räumlichen Nähe ist im fehlerfreien Fall davon auszugehen, daß die Raddrehzahlen bzw. Raddrehgeschwindigkeiten der Räder an der zweiten und der dritten Achse im wesentlichen identisch sind und somit die Geschwindigkeitswerte der zweiten Achse auf die dritte Achse übertragen werden können.

- 5 **[0029]** Die Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform des Reifendrucküberwachungssystems, bei der Radsensoren 25, 26, 27, 28, 29, 30 des ABS-Systems 2 an den Rädern sämtlicher drei Achsen A1, A2, A3 vorgesehen sind. Eine direkte Reifendruckmessung über Radelektroniken 31, 32 ist kostensparend nur an der ersten Achse A1, der Vorderachse bzw. Lenkachse, vorgesehen. Anders als bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 und 2 werden bei dieser Ausführungsform nicht einzelne Räder sondern diagonale Summen der Radgeschwindigkeitssignale oder der Wegstrecken aller sensierten

10 Achsen miteinander verglichen. Kurveneinflüsse werden hierdurch weitestgehend kompensiert.

**[0030]** Es werden folgende Diagonalendifferenzen beim Geschwindigkeitsvergleich gebildet, wobei v die Geschwindigkeit bedeutet:

Diagonalendifferenz 1:  $(v_{A1r} + v_{A2l}) - (v_{A1l} + v_{A2r})$

Diagonalendifferenz 2:  $(v_{A2r} + v_{A3l}) - (v_{A2l} + v_{A3r})$

15 Diagonalendifferenz 3:  $(v_{A1r} + v_{A3l}) - (v_{A1l} + v_{A3r})$

**[0031]** Die Auswertung der Diagonalendifferenzbildung ergibt folgendes:

Diagonal- differenz 1	Diagonal- differenz 2	Diagonal- differenz 3	Minderdruck
positiv	0	positiv	A1r
negativ	0	negativ	A1l
negativ	positiv	0	A2r
positiv	negativ	0	A2l
0	negativ	negativ	A3r
0	positiv	positiv	A3l

20 **[0032]** Durch diese Diagonalsummenvergleiche ergibt sich somit die Möglichkeit, eine radzugeordnete Minderdruckanzeige zu realisieren.

35 **[0033]** Beispielhaft sei die zuvor erwähnte Bildung von Diagonalendifferenzen auch für ein Vierachsfahrzeug nachfolgend dargestellt, wobei auch bei einem Vierachsfahrzeug lediglich drei diagonale Differenzen zu bilden sind:

Diagonalendifferenz 1:  $(v_{A1r} + v_{A2l}) - (v_{A1l} + v_{A2r})$

Diagonalendifferenz 2:  $(v_{A3r} + v_{A4l}) - (v_{A3l} + v_{A4r})$

40 Diagonalendifferenz 3:  $(v_{A1r} + v_{A4l}) - (v_{A1l} + v_{A4r})$

Diagonal- differenz 1	Diagonal- differenz 2	Diagonal- differenz 3	Minderdruck
positiv	0	positiv	A1r
negativ	0	negativ	A1l
negativ	0	0	A2r
positiv	0	0	A2l
0	negativ	0	A3r
0	positiv	0	A3l
0	negativ	negativ	A4r
0	positiv	positiv	A4l

45 **[0034]** Grundsätzlich führt jede Differenzenbildung, bei der mindestens eine Achse einer Diagonalendifferenz noch in eine andere Diagonalendifferenz eingerechnet wird, zu einer eindeutigen Radzuordnung. Ab einem Fünffacher ist damit eine vierte Diagonalendifferenz notwendig.

65 **[0035]** Die mit Hilfe der Radelektroniken 31 und 32 an der ersten Achse gemessenen absoluten Reifendrucke stützen den Diagonalsummenvergleich.

**[0036]** Die Ausführungsform nach Fig. 6 hat besondere Vorteile bei der Verwendung von externen Reifendruck-Sen-

soren, die nämlich beim Wechsel kompletter Räder am Fahrzeug verbleiben können. Es braucht dann nicht jedesmal beim Radwechsel die Radkennung des Drucksensors in die Elektronik über ein geeignetes Diagnosegerät eingegeben zu werden. Die Verwendung von Radelektroniken zur Messung der Absolutreifendrucke nur an der ersten Achse (Vorderachse bzw. Lenkachse) hat überdies den großen Vorteil, daß die kostenintensiven Reifendrucksensoren an der zweiten und dritten Achse entfallen können. Ansonsten müßte man an den Zwillingsreifen doppelte Reifendrucksensoren bauen oder man müßte zwei Reifenfüllanschlüsse über Schläuche, Verschraubungen und T-Stücke aufwendig miteinander verbinden.

**[0037]** Durch die Absolutdruckmessung an den Rädern der ersten Achse können die beiden anderen Achsen sicherer miteinander verglichen werden. Bei den Diagonalsummenvergleichen kann durch die Druckmessung an der ersten Achse davon ausgegangen werden, daß wenigstens zwei Werte einen Bezug zum absoluten Druckniveau haben, was bei der Verwendung nur von ABS-Radsensoren nicht der Fall wäre, so daß eine kostengünstige, zuverlässige und sichere Reifendrucküberwachung realisierbar ist.

**[0038]** Die Fig. 7 und 8 zeigen Ausführungsformen der Erfindung, die sich von der Ausführungsform nach Fig. 6 dadurch unterscheiden, daß der absolute Reifendruck an zwei Achsen gemessen wird, und zwar an den Rädern der ersten Achse A1 und an den Rädern der zweiten Achse A2 (Fig. 7) sowie an den Rädern der ersten Achse A1 und an den Rädern der dritten Achse A3 (Fig. 8). Dies bedeutet zwar einen größeren baulichen Aufwand gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 6; es wird jedoch eine größere Stützung der Ergebnisse aus den Diagonalvergleichen erzielt.

**[0039]** Die Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, die vollständig der Ausführungsform nach Fig. 1 entspricht mit der Ausnahme, daß ein Diagonalsummenvergleich nach den Ausführungsformen gemäß Fig. 6-8 durchgeführt wird.

**[0040]** Die Fig. 10 zeigt schematisch die Integration der Empfänger/Auswerteeinrichtung 42 des Reifendruckmeßsystems 12 in die ABS-Steuereinheit 6 des ABS-Systems 2. In einem gemeinsamen Gehäuse sind die ABS-Steuereinheit 6, der HF-Empfänger 42 des Reifendruckmeßsystems 12, ein Stand-by-Micro-Controller 50 sowie eine für beide Systeme gemeinsam verwendete CAN-Schnittstelle 8 angeordnet. Der Stand-by-Controller ist ständig empfangsbereit für die Signale der Radelektroniken, auch bei abgestelltem Fahrzeug, da die Radelektroniken ständig gemessene Druckwerte senden. Diese Ausbildung ist bei den Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Reifendrucküberwachungseinrichtung nach den Fig. 3-8 vorgesehen. Bezugszeichen 25, 25' und 10 sowie 31-40 bezeichnen schematisch einen ABS-Radsensor, ein ABS-Regelventil, ein Display sowie Radelektroniken des Reifendruckmeßsystems.

**[0041]** Anhand der Fig. 11 und 12 soll eine Einrichtung zur Wegstreckenermittlung näher erläutert werden. Von Radsensoren 25, 26, 27, 28 abgegebene Spannungen werden von Eingangsschaltkreisen 60 gefiltert und in Rechtecksignale umgewandelt, deren Halb- oder Ganz-Periodendauern von mindestens einem Micro-Controller 62 ausgewertet werden. Es können mehrere Micro-Controller verwendet werden. In der Zeichnung ist zum besseren Verständnis nur ein Micro-Controller gezeichnet. Die für Antiblockierschutz/Antriebsschlupfregelung (ABS/ASR) benötigten Funktionen sind mit Periodendauermessung und Geschwindigkeitsberechnung bezeichnet.

**[0042]** Erfindungsgemäß ist eine parallel angeordnete Wegstreckenermittlung vorgesehen, die ein Zählregister darstellt, dessen Wert bei jedem Nulldurchgang der Sensorspannung erhöht wird. Die Wegstrecke kann somit in einfacher Weise durch Zählen der Perioden der Sensorsignale ermittelt werden.

**[0043]** Wenn der Micro-Controller 62 nur Ganz-Perioden oder Vielfache davon auswertet, so wird der Wegstreckenzähler (Zählregister) nur bei jedem entsprechenden Nulldurchgang erhöht. Sollte der Micro-Controller geschwindigkeitsabhängig zwischen diesen Möglichkeiten wählen, so ist es günstig, die Erhöhung entsprechend dem Vielfachen einer Halb-Periode zu wählen. Die Anzahl der Nulldurchgänge ist abhängig vom Reifenabrollumfang und von der Anzahl der Zähne des Polrades. Die Zahlenwerte werden ständig von einem Vergleicher 64 bewertet oder nur beim Überlauf des Zählregisters mit der höchsten erreichten Zählzahl.

**[0044]** Beispiel: Bei einem Abrollumfang von 3.425 mm und einem Polrad mit 100 Zähnen stellt jeder Nulldurchgang eine Wegstrecke von 17.125 mm dar. Nach einer festgelegten Wegstrecke von z. B. 1 km werden die erreichten Zählwerte miteinander verglichen. Als digital einfache Maßnahme kann die Bewertung der erreichten Zählwerte dann ausgelöst werden, wenn der Zählwert zu einem Überlauf des Zählregisters führt. Bei 16-Bit-Zählregistern erfolgt der Überlauf, wenn der Zahlenwert 65.535 ( $2^{16}-1$ ) erhöht wird.  $65.535 + 1$  ist gleich Null, da die 17. Stelle der Binärzahl nicht verfügbar ist, s. Darstellung im Diagramm gemäß Fig. 11. Der Zählwert  $2^{16} = 65.536$  entspricht 1,122 km. Dies ergibt eine Auflösung von  $1/65536$  entsprechend 0,0015%.

**[0045]** Untersuchungen ergaben, daß die Radgeschwindigkeit um ca. 0,5% pro bar Druckverlust zunimmt. Dies bedeutet, daß die Periodendauer und damit die Wegstrecke eines Zahnes um ca. 0,5% pro bar abnimmt. Da 100 Zähne den Abrollumfang des Reifens repräsentieren, ist auch dieser um besagten Wert verkleinert. Die o. g. günstige Auflösung (Meßgenauigkeit) ist bei diesem Beispiel um den Faktor 328 größer als der zu messende Einfluß der Druckminderung (pro bar).

**[0046]** Die erreichten Zählergebnisse werden gewichtet. Wie bei ASR-Schwellenüberschreibungsberechnung üblich, wird die Differenz seitengleicher Räder höher bewertet als achsgleiche bzw. diagonal angeordnete Räder.

**[0047]** Die Wegstreckenermittlung kann unterbrochen bzw. abgebrochen und neu gestartet werden, z. B. wenn eine instationäre Fahrsituation erkannt wird wie etwa Antiblockierschutzregelung, Antriebsschlupfregelung, Kurvenfahrt oder auch Fahrt mit geringer Geschwindigkeit.

**[0048]** Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Wegstreckenermittlung arbeitet geschwindigkeitsunabhängig. Es ist kein weiterer Aufwand notwendig, um entweder die Geschwindigkeitsberechnung zu verbessern bzw. das Ergebnis stark zu filtern, um kurzzeitige Schwankungen zu eliminieren. Die Berücksichtigung von Meßungenauigkeiten, wie Rundungsfehler bei der Geschwindigkeitsberechnung entfallen. Die zurückgelegte Wegstrecke des Rades wird direkt ermittelt, ohne eine andere Rechengröße zu benötigen. Die ermittelte Wegstrecke bildet ein Integral, so daß Schwankungen von einzelnen Periodendauern, hervorgerufen z. B. durch Fahrbahnebenenheiten, keinen Einfluß haben.

1. Verfahren zur Reifendrucküberwachung bei einem wenigstens vierrädrigen Fahrzeug (4), bei dem mittels Radsensoren (25, 26, 27, 28, 29, 30) radrotationsabhängige Größen an wenigstens vier Rädern (A1r, A1l, A2r, A2l, A3r, A3l) erfaßt und ausgewertet werden, **gekennzeichnet durch** eine Zählung der jeweils zurückgelegten Wegstrecke unter Auswertung der jeweiligen radrotationsabhängigen Größen an jedem der hinsichtlich des Reifendrucks beobachteten Räder (A1r, A1l, A2r, A2l, A3r, A3l).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gezählten Wegstrecken der einzelnen Räder (A1r, A1l, A2r, A2l, A3r, A3l) jeweils diagonal bezüglich der Radanordnung an dem Fahrzeug (4) miteinander addiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erkennung auf einen unerwünschten Reifendruck-Zustand erfolgt, wenn die diagonalen Summen der Wegstrecken um mehr als einen vorgegebenen Grenzwert voneinander abweichen.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachung der gezählten Wegstrecken in mehreren Überwachungszyklen erfolgt und die Erkennung auf einen unerwünschten Reifendruck-Zustand erfolgt, wenn die Abweichungen der diagonalen Summen einen für alle Überwachungszyklen festgelegten Summengrenzwert überschreitet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die radrotationsabhängigen Größen gepulste Signale sind und für die Wegstreckenzählung die Signalpulse gezählt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß für die Wegstreckenzählung die Halbwellen der gepulsten Signale gezählt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Position eines einen unerwünschten Reifendruck aufweisenden Rades (A1r, A1l, A2r, A2l, A3r, A3l) durch Auswertung der Vorzeichen der miteinander verglichenen diagonalen Summen bestimmt wird.
8. Reifendrucküberwachungssystem, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, für mit Antiblockierschutzsystemen (ABS-Systemen) ausgerüstete Fahrzeuge, insbesondere Fahrzeuge mit mehr als zwei Achsen, mit Radsensoren an den Rädern wenigstens einer Achse zur Erfassung von von der Radrotation abhängigen Größen und mit einer ABS-Steuereinheit, die die ermittelten Größen miteinander verknüpft und hinsichtlich Änderung der Abrollradien der Räder unter Berücksichtigung fahrbetriebsbedingter Änderungen der Größen auswertet und ein Warnsignal erzeugt, wenn die durch Reifendruckabfall bewirkte Änderung der Größen einen vorgegeben Grenzwert überschreitet, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich oder alternativ zu radrotationsabhängige Größen erfassenden Radsensoren (25, 26, 27, 28, 29, 30) des ABS-Systems (2) ein Reifendruckmeßsystem (12) vorgesehen ist, das den Reifenfülldruck der Räder wenigstens einer Achse (A1, A2, A3) mißt und ein Warnsignal erzeugt, wenn der gemessene Reifenfülldruck einen vorgegebenen Solldruck unterschreitet.
9. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die radrotationsabhängigen Größen die zurückgelegten Rad-Wegstrecken oder die Radrotationsgeschwindigkeiten sind.
10. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Reifendruckmeßsystem (12) intern im oder am Reifen oder extern am Fahrzeug angeordnete Radelektroniken (31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39) aufweist, die jeweils einen Drucksensor und eine HF-Sendestufe umfassen, welche die gemessenen Druckwerte an eine Empfänger/Auswerteeinheit (42) überträgt, die die mitgeteilten Druckwerte mit vorgegebenen Sollwerten vergleicht und das Warnsignal erzeugt, wenn die Differenz zwischen gemessenen Druckwert und Sollwert einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
11. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Rad sämtlicher Achsen (A1, A2, A3) Radsensoren (25, 26, 27, 28, 29, 30) des ABS-Systems und den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40) vorgesehen sind, wobei die Radrotationsgeschwindigkeiten oder Wegstrecken der einzelnen Räder oder die Summen der Radrotationsgeschwindigkeiten oder Wegstrecken diagonal angeordneter Räder in der ABS-Steuereinheit (6) miteinander verglichen werden, die ein Warnsignal erzeugt, wenn die Differenz der miteinander verglichenen Wegstrecken oder Radrotationsgeschwindigkeiten oder die Differenz der miteinander verglichenen Summen der Radrotationsgeschwindigkeiten oder Wegstrecken einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
12. Reifendrucküberwachungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit  $(2 + n)$ -Achsen ( $n \geq 1$ ) den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (31–40) für sämtliche Räder aller  $(2 + n)$ -Achsen (A1, A2, A3) und Radsensoren (25–30) des ABS-Systems (2) für die Räder sämtlicher  $(2 + n)$ -Achsen vorgesehen sind, wobei die ABS-Steuereinheit (6) die Summen der Radrotationsgeschwindigkeiten oder Wegstrecken diagonal angeordneter Räder miteinander vergleicht und ein Warnsignal erzeugt, wenn die Differenz der Summen einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
13. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit drei Achsen die Reifenfülldruck messenden Radelektroniken (34–40) für die Räder der zweiten und dritten Achse (A2, A3) und Radsensoren (25–28) des ABS-Systems an den Rädern der ersten und zweiten Achse (A1, A2) vorgesehen sind.
14. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit drei Achsen den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (31, 32, 37, 38, 39, 40) für die Räder der ersten und dritten Achse (A1, A3) und Radsensoren (25, 26, 27, 28) an den Rädern der ersten und zweiten Achse (A1, A2) vorgesehen sind.
15. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit drei Achsen den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (37, 38, 39, 40) für die Räder der dritten Achse (A3) und Radsensoren (25, 26, 27, 28) des ABS-Systems an den Rädern der ersten und zweiten Achse (A1, A2) vorgesehen sind.

16. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit drei Achsen den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (31, 32) nur für die Räder der ersten Achse (Vorder- bzw. Lenkachse) (A1) und Radsensoren (25, 26, 27, 28, 29, 30) für die Räder sämtlicher Achsen (A1, A2, A3) vorgesehen sind.
17. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit drei Achsen den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (31, 32, 33, 34, 35, 36) für die Räder der ersten und zweiten Achse (A1, A2) und Radsensoren (25-30) für die Räder sämtlicher Achsen (A1, A2, A3) vorgesehen sind. 5
18. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Fahrzeugen mit drei Achsen den Reifenfülldruck messende Radelektroniken (31, 32, 37, 38, 39, 40) für die Räder der ersten und dritten Achse (A1, A3) und Radsensoren (25-30) für die Räder sämtlicher Achsen (A1, A2, A3) vorgesehen sind. 10
19. Reifendrucküberwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfänger/Auswerteeinheit (42) des Reifendruckmeßsystems (12) in die ABS-Steuereinheit (6) integriert ist, welche die Auswertung der gemessenen Druckwerte übernimmt.
20. Reifendrucküberwachungssystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine für das ABS-System (2) ggf. vorhandene CAN-Schnittstelle (8) auch für die Meßsignale des Reifendruckmeßsystems (12) verwendet wird. 15
21. Reifendrucküberwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorhandensein von Zwillingsbereifung an Achsen (A2, A3) des Fahrzeugs den Reifenfülldruck messende Radelektroniken für sämtliche Zwillingsräder der sensierten Achsen vorgesehen sind.
22. Reifendrucküberwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Radelektroniken (31-40) des Reifendruckmeßsystems (12) jeweils mit einer eigenen Kennung versehen sind, die beim Senden der Meßdaten mit übertragen werden. 20

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

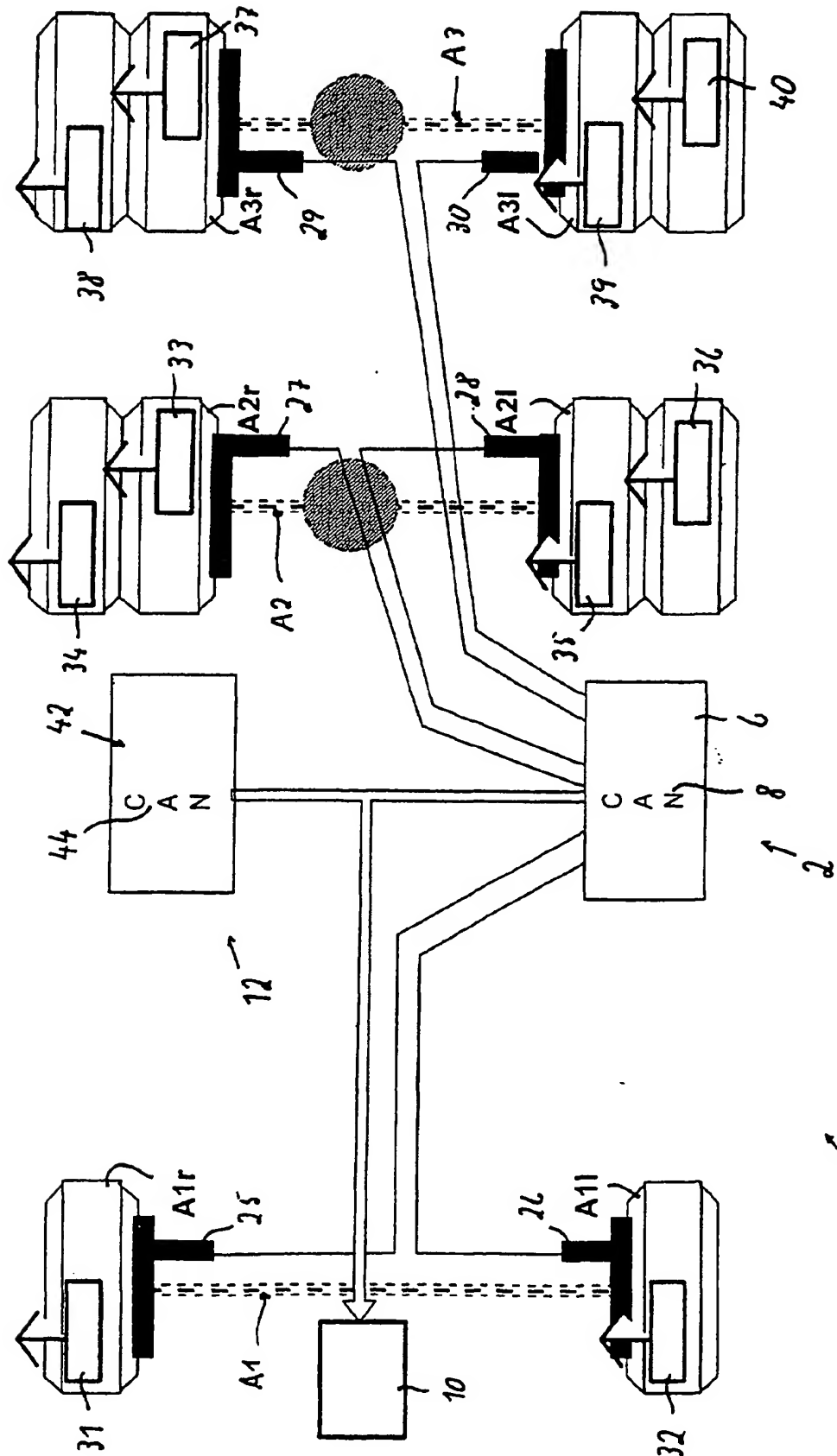


Fig. 1



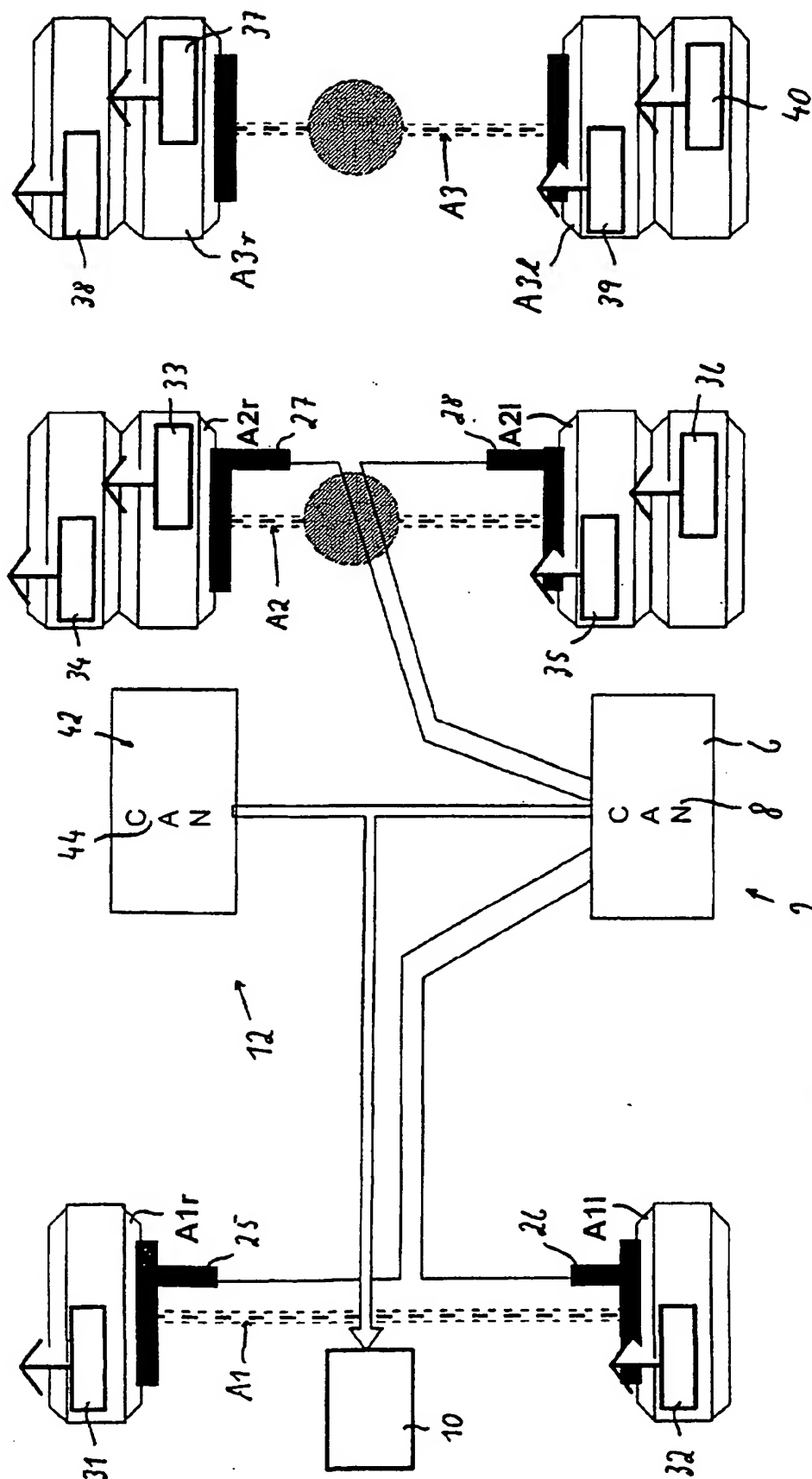
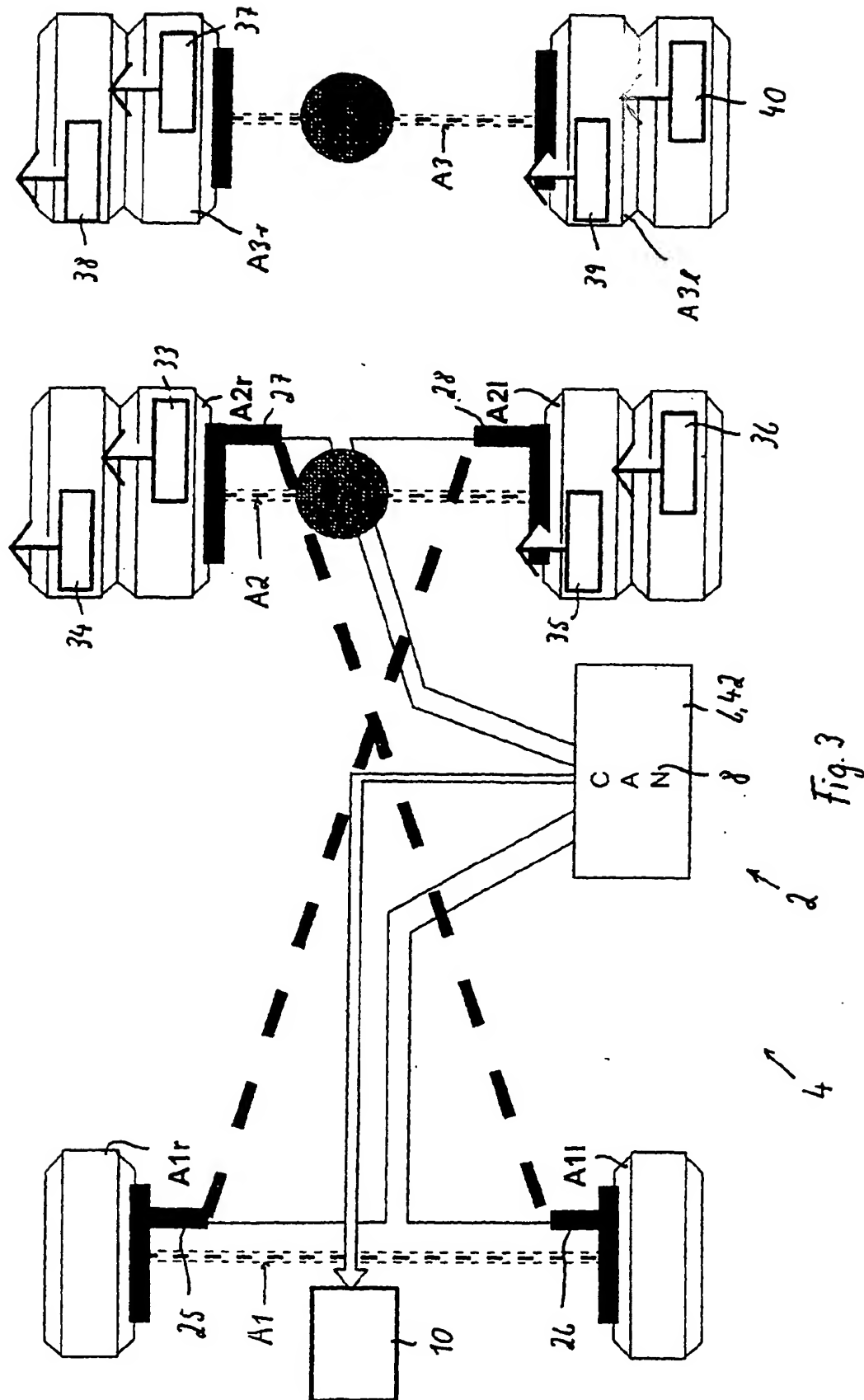


Fig. 2



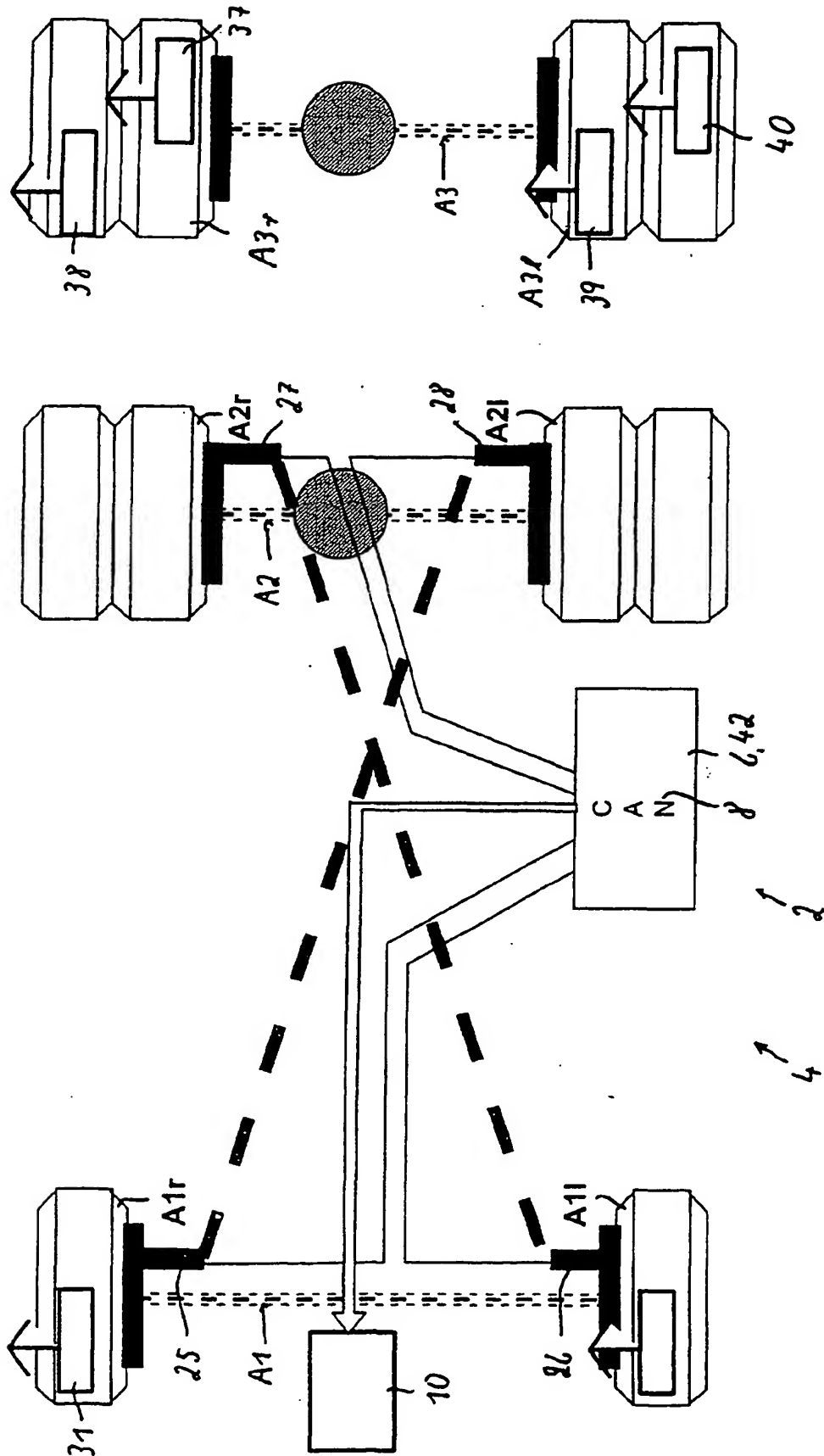


Fig. 4

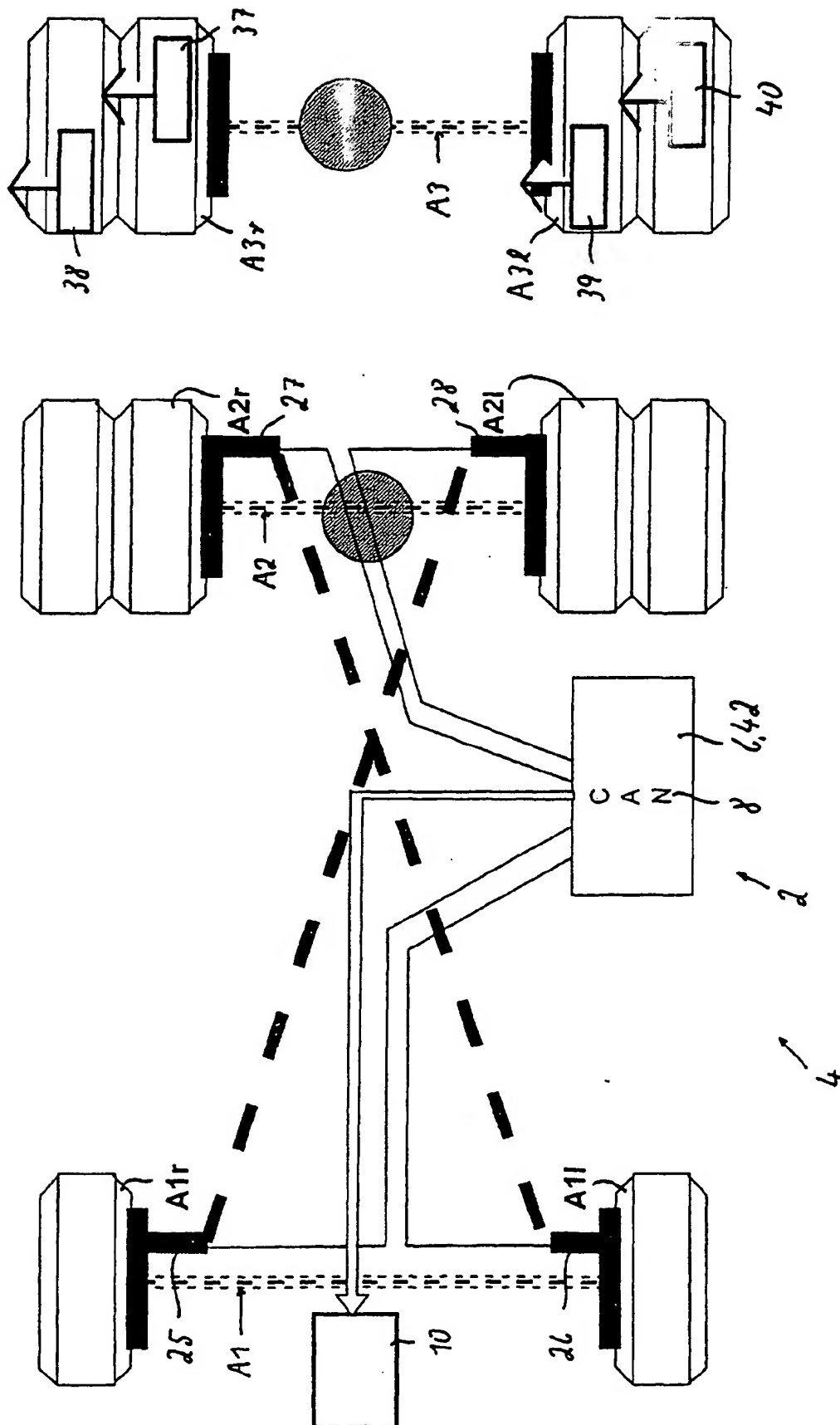


Fig. 5

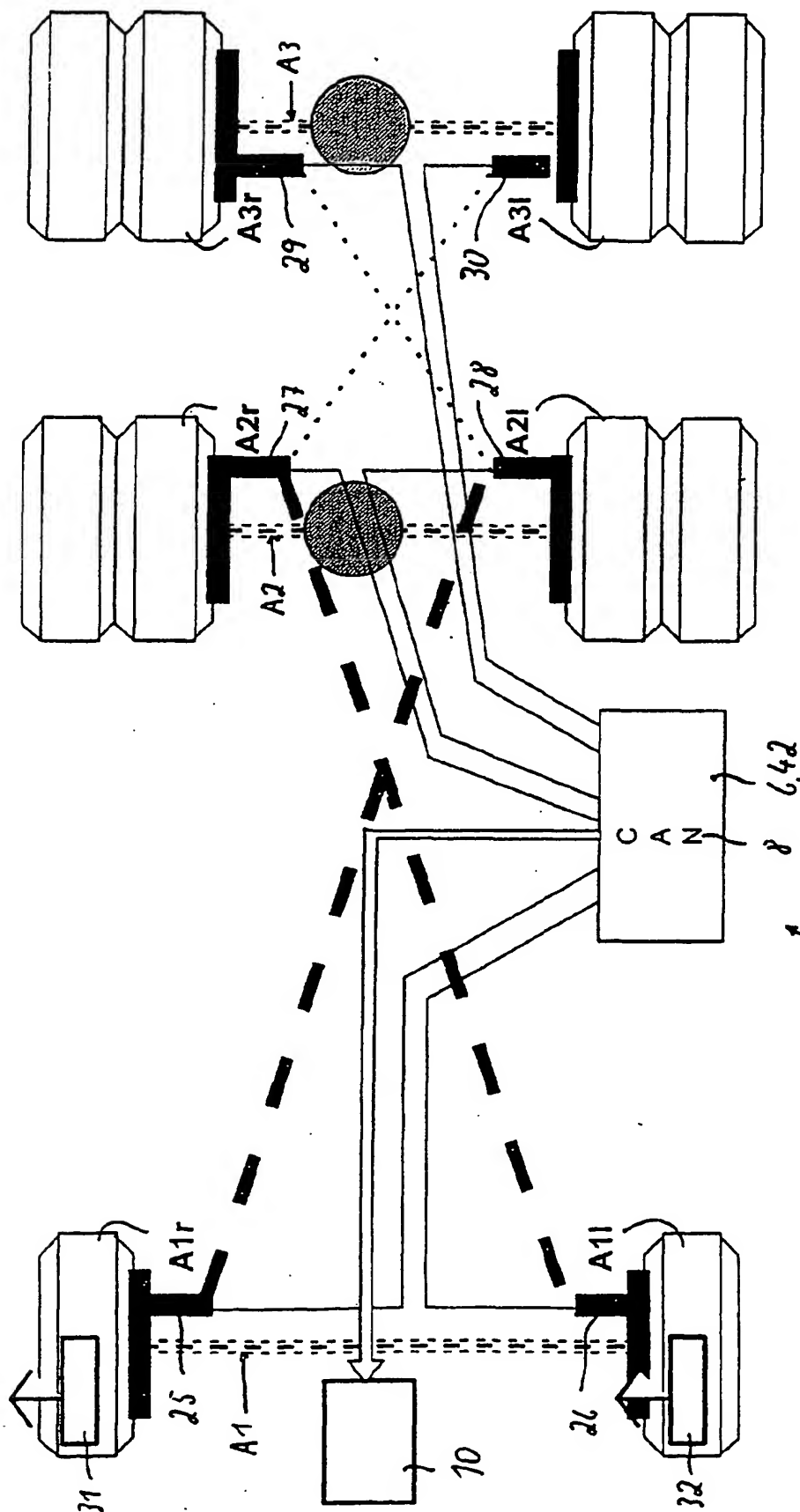


Fig. 6

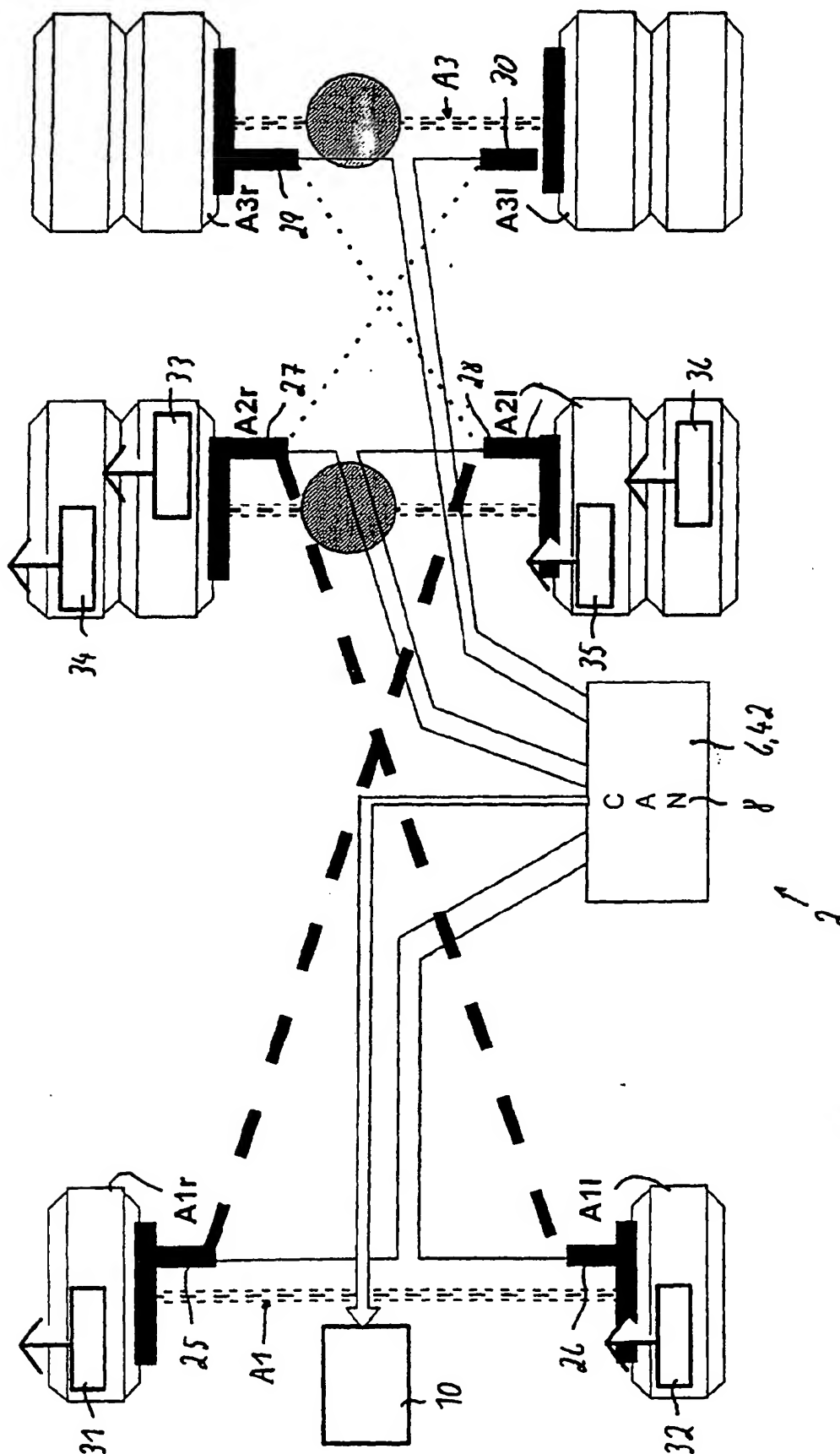


Fig. 7

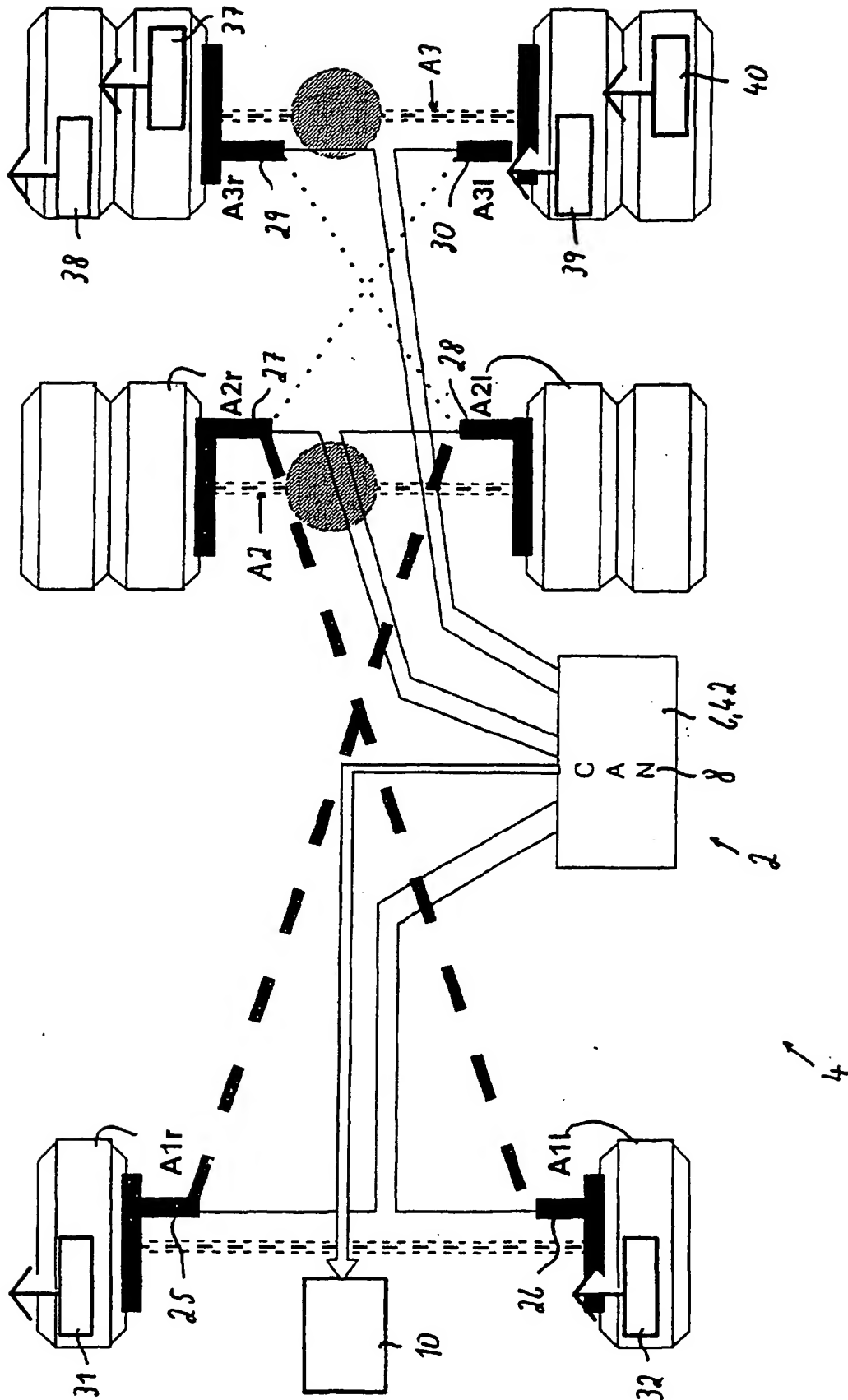


Fig. 8

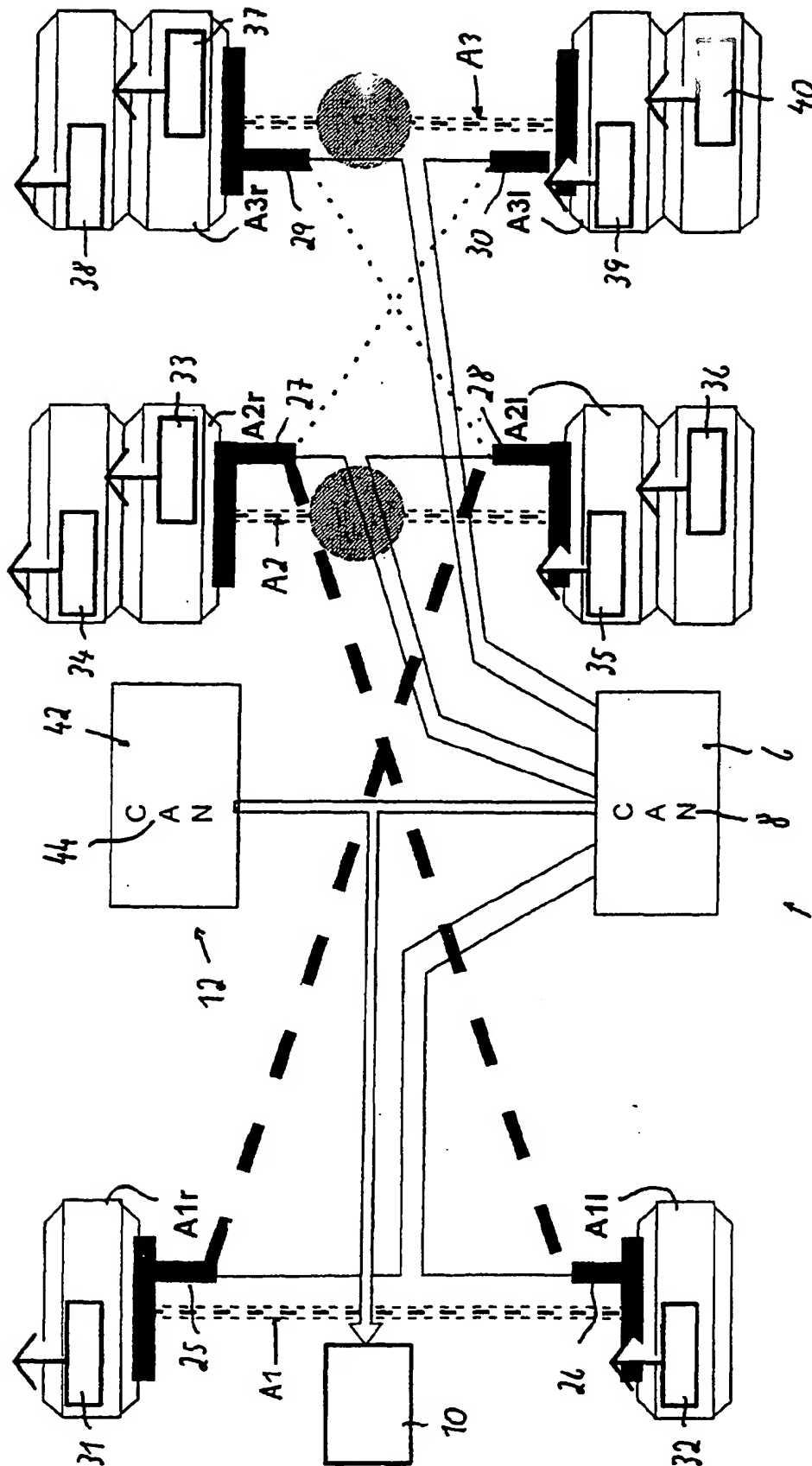
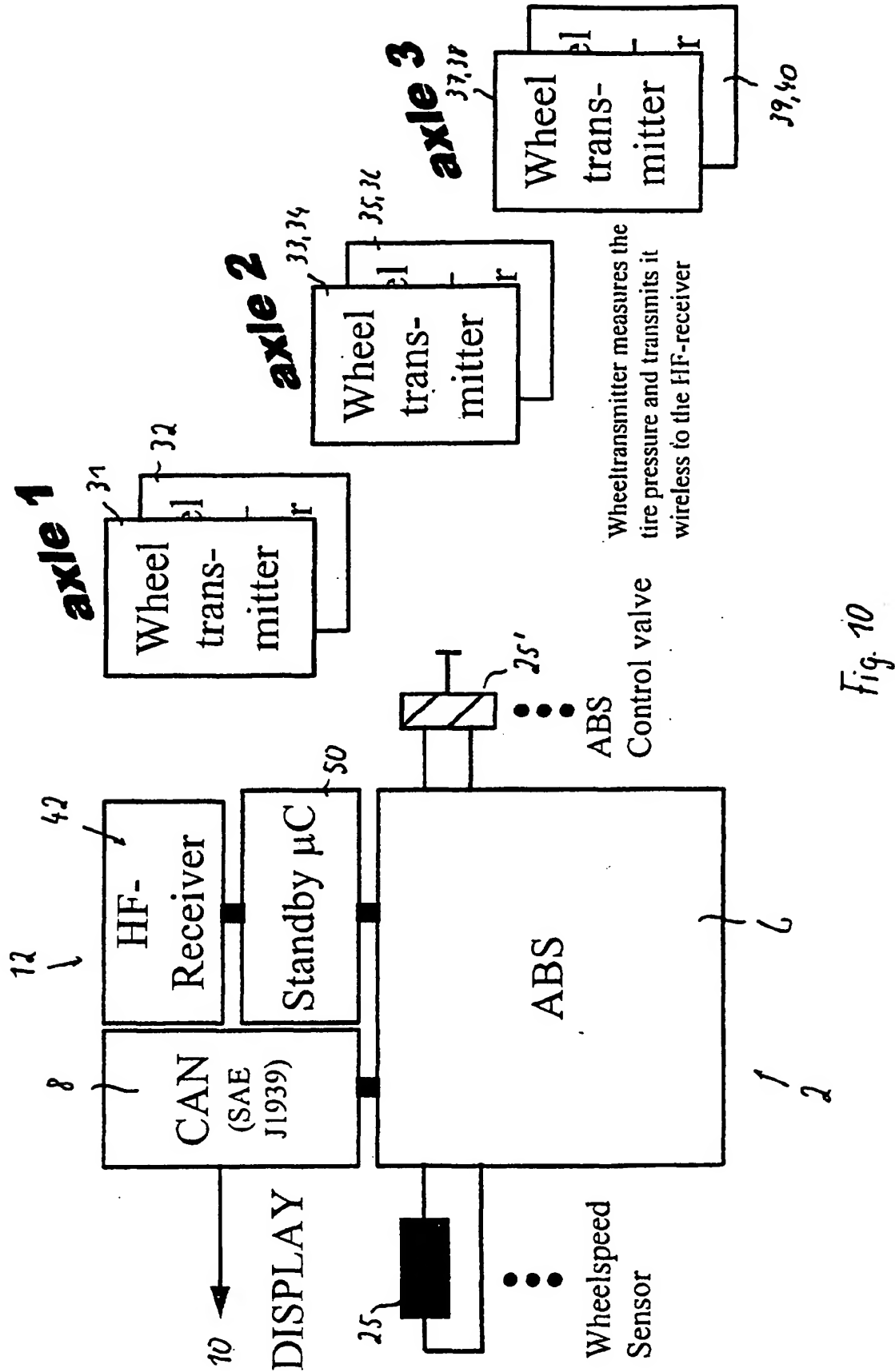
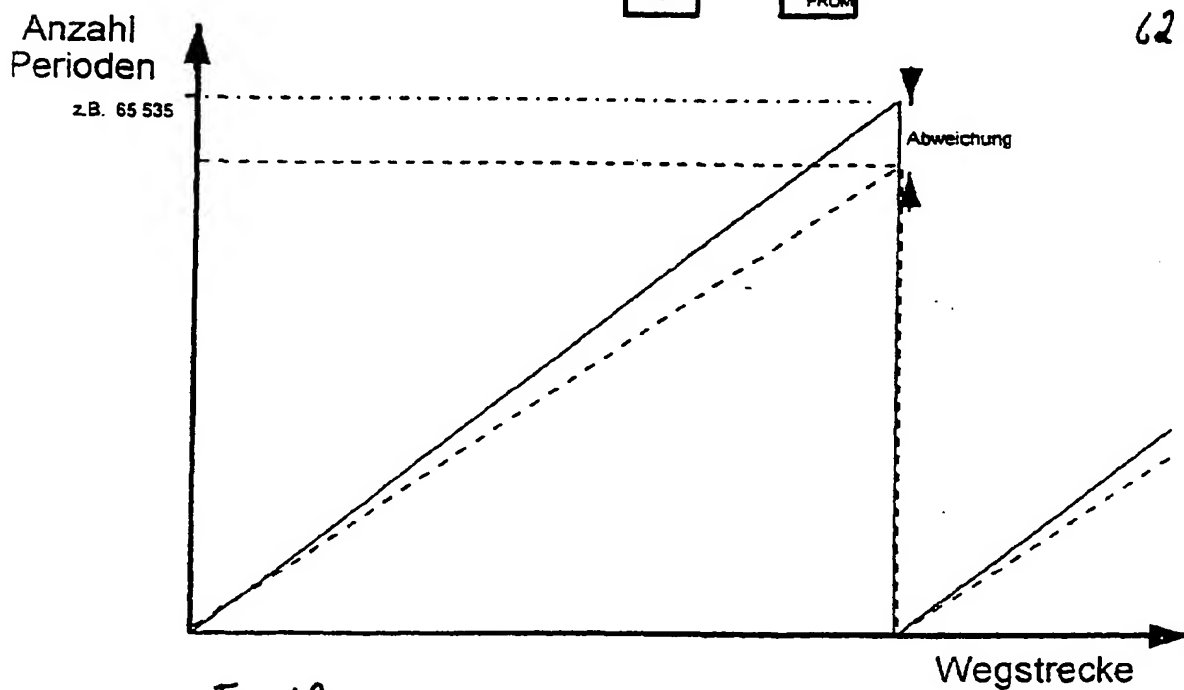
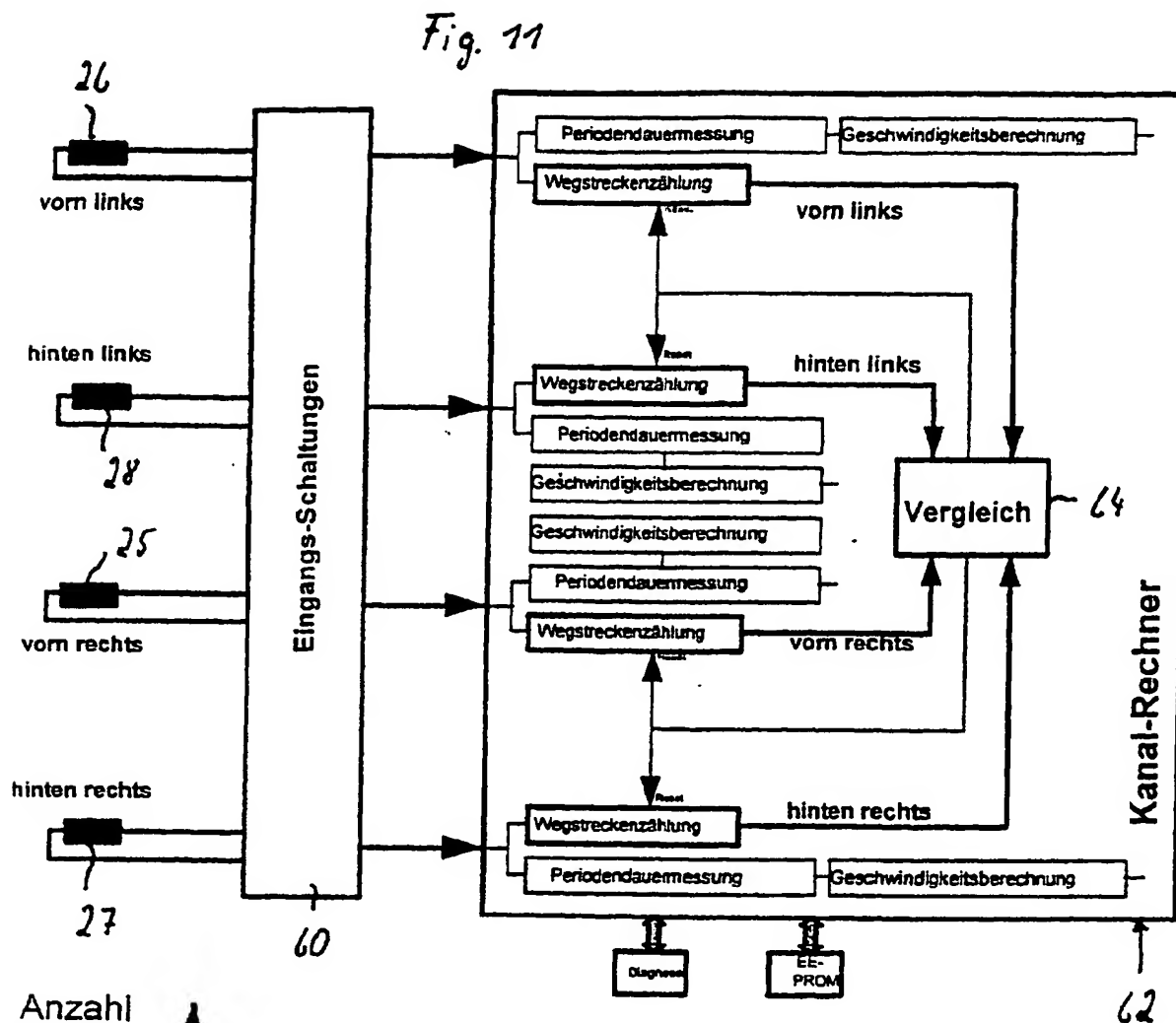


Fig. 9







This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox**

**This Page Blank (uspto)**